

Г.Д. Гриценко, Е.А. Орлов, С.Т. Бруль // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. – Луганськ, 2007. – №9(115). Част. 1. – С.196-205. 27. Андреев Ю.М. Розробка аналітичних комп'ютерних методів аналізу та синтезу динаміки машин / автореф. дис. на здоб. наук. ст. докт. техн. наук за спец. 05.02.09 "Динаміка та міцність машин" // НТУ "ХП" - Харків. - 2009. - 40 с.

Поступила в редакцію 07.09.12

УДК: 621.431.74 – 185.3

О.П. РАДЧЕНКО, к.т.н, доц. зав. каф. ЭСУиЭС, Киевская гос. ак-я водного транспорта, Севастополь;
А.Р. МАЦКЕВИЧ, Одесская нац. морская ак-я, Одесса;
А.В. НЕМЕНКО, вед. специалист ПАО ЦКБ „Коралл”, Севастополь;
О.П. ЧУБ, Керченский гос. морской технологический ун-т, Керчь

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОВЯЗКОГО ТОПЛИВА ПРИ СЕПАРИРОВАНИИ

Розглянуті питання необхідності автоматизації та контролю процесу сепарації високов'язкого судового палива. Отримані залежності відділення часток шламу від температури на базі теоретичних уявлень, проведено їх порівняльний аналіз із практичними даними.

Ключові слова: сепарація, суднове високов'язке паливо, шлам, швидкість осадження

Рассмотрены вопросы необходимости автоматизации и контроля процесса сепарирования высоковязкого судового топлива. Получены зависимости отделения частиц шлама от температуры на основе теоретических представлений, проведен их сравнительный анализ практическими данными.

Ключевые слова: сепарирование, судовое высоковязкое топливо, шлам, скорость осаждения

Considered the issues of necessity of automation and control of the process of separation of viscosity marine fuel. Obtained dependence of the particle separation of sludge from the temperature on the basis of theoretical concepts, the results of their comparative analysis of the evidence.

Keywords: separation, heavy fuel oil, sludge, deposition velocity

Введение. В настоящее время судовую энергетическую установку (СЭУ) судна невозможно представить без топливной сепарационной установки, особенно если в качестве топлива используются тяжелые высоковязкие компаунды с вязкостью 180 сСт (при 50 °С) и выше. Процесс сепарации, в основу которого заложено воздействие поля внешней силы на вещества с различной плотностью, представляется хорошо изученным [1]. В свете исследований, подтверждающих неоднородность топливной среды [2, 3], возникает необходимость в проверке состоятельности принятых представлений о процессах, протекающих при сепарации судового топлива в поле центробежных сил. Также, на практике эксплуатация сепарационных установок является одним из наиболее аварийных

процессов в рамках СЭУ [4]. Качество сепарирования топлива не является стабильным. Существует множество факторов, объективно влияющих на него в процессе эксплуатации. Автоматизированные средства контроля за качеством сепарации топлива на данном этапе развития СЭУ не применяются. Более того, сепарация связана с производством шлама, что в условиях современных эксплуатационных норм понижает рациональность использования топлива и усложняет менеджмент. Качество сепарирования топлива и количество произведенного шлама – это важные эксплуатационные факторы, точная оценка которых востребована в современной эксплуатации СЭУ.

Постановка задачи. Традиционные теоретические представления о центробежной сепарации основаны на уравнении скорости оседания частицы, полученном Стоксом. Разница скоростей движения потока в межтарельчатом пространстве центробежного сепаратора и скорости оседания конкретной взвешенной в топливной среде частицы определяет характер ее движения. Примем эту разницу за абсолютную скорость оседания v_0 , тогда

$$v_0 = v - w = q / f - \left\{ \Delta \rho (d_p \cdot \omega)^2 \right\} \cdot r / 18 \mu,$$

где v – скорость движения потока, w – скорость осаждения частицы, q – подача сепаратора, f – площадь сечения межтарельчатого пространства, $\Delta \rho$ – разница плотностей частицы и среды, d_p – диаметр частицы, ω – угловая скорость вращения; r – расстояние между осью вращения барабана и частицей; μ – динамическая вязкость среды.

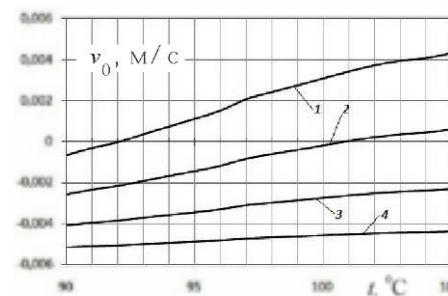


Рис. 1 – Графики зависимостей абсолютной скорости оседания от температуры для частиц различного диаметра:
1 – частиц с диаметром 25 мкм; 2 – 20 мкм;
3 – 15 мкм; 4 – 10 мкм

На основе данной физической модели произведена серия расчетов на базе математического процессора с использованием ПК. В математической модели как $\Delta \rho$, так и μ были заданными функциями от температуры. В качестве базовых были приняты параметры судового сепаратора Alfa Laval S 825 (Mitsubishi Selfjector SJ30GH) и высоковязкого топлива RMG380 (0,554 кг/м³).

Результаты расчета представлены на рис. 1. Так, для частиц плотностью 1000 кг/м³ диаметром от 10 до 25 мкм в рабочем диапазоне температур были получены зависимости абсолютной скорости оседания от температуры. Как видно из графиков, характер зависимостей очевиден – при повышении температуры возрастает v_0 . При повышении подачи сепаратора скорость v_0 снижается. Также можно сделать вывод, что при реко-

мендованном производителем температурном режиме, который составляет 98°C , частицы диаметром свыше 21-22 мкм будут иметь положительную v_0 , то есть будут отбиваться в шлам.

Полученные расчетные зависимости показывают, что при повышении температуры все более мелкие частицы подвергаются отделению от среды, вследствие увеличения разности плотностей. То есть общая масса отделяемых частиц будет расти при росте температуры сепарации. А значит, суммарное количество шлама отводимого за единицу времени должно увеличиваться при увеличении температуры сепарации, при условии, что состав топлива и параметры процесса стабильны. Такие результаты расчетов не противоречат имеющимся теоретическим представлениям о физических процессах, протекающих в центробежном сепараторе.

Далее рассмотрен анализ практического опыта использования судовых топлив. На рис. 2 показаны результаты замеров суточного производства шлама в литрах. В исследованиях использовались сепарационные установки Alfa Laval SU648 ALCAP и Westfalia типа 6.30.1530с тремя различными партиями топлива RMG380 каждая. Рабочая производительность составляла 1500 и 1300 л/ч соответственно. Опытные данные замерялись при различных температурных режимах работы сепаратора от 3 до 10 суток для каждого режима (в зависимости от условий работы СЭУ), с целью обеспечения приемлемой точности замеров.

Полученные опытным путем зависимости для обеих установок и для всех партий топлива показывают, что при увеличении температуры в исследуемом диапазоне количество вырабатываемого шлама уменьшается и находится в диапазонах от 303 до 448 и от 262 до 374 л/ч соответственно. В обоих случаях количество шлама при сепарировании первого образца топлива наибольшее, третьего – наименьшее.

При этом надо учитывать, что существует минимальный обязательный уровень шлама, производимый сепараторами с периодической автоматической промывкой (участвующие в опыте модели также относятся к этому ти-

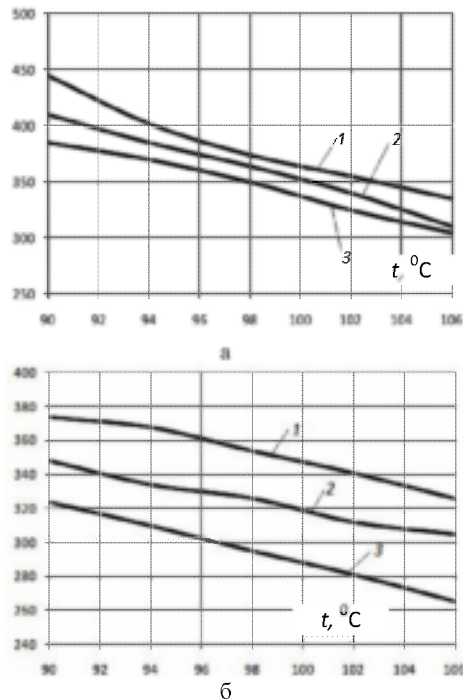


Рис. 2 – Зависимости количества производимого шлама от температуры сепарации для трех различных топлив: а – марки IFO 380 для сепараторов Alfa Laval SU648 ALCAP; б – Westfalia типа 6.30.1530с

пу). Он обусловлен периодической полной разгрузкой барабана, периодичность которой устанавливается обслуживающим персоналом. Для сепараторов было установлено количество разгрузок в сутки 12. Если учесть что сепараторы, используемые в исследовании моделей, за разгрузку выбрасывают 5-6 литров содержимого, то при таком количестве обязательный уровень шлама составлял не менее 72 л/сутки для каждой из установок. Следовательно, минимальное количество шлама, произведенного непосредственно центробежным осаждением для наиболее чистого топлива и при номинальной температуре (98°C), составляет 278 и 223 литра в сутки соответственно.

Таким образом, по результатам опытных исследований производства шлама можно сделать вывод о том, что при повышении температуры количество шлама стремится к минимальному обязательному уровню.

Также важным фактором является то, что все исследуемые топлива соответствовали требованиям стандарта ISO 8217:2010, согласно которым суммарная доля нерастворимого осадка не превышает 0,1%, а воды 0,5%. Следовательно, для сепаратора Alfa Laval количество нерастворенных примесей и воды, подлежащих отделению, не должно было превысить 213 литров в сутки, а для сепаратора Westfalia – 187,2. Прибавим теперь к этим показателям обязательное количество шлама получаем, что в первом случае сепаратор должен произвести не более 285 литров в сутки, во втором – не более 259,2.

Однако результаты исследований показывают:

- количество производимого шлама при увеличении температуры сепарации уменьшается, а не увеличивается, как это прогнозирует имеющаяся теоретическая база;
- реальное количество производимого непосредственным центробежным осаждением шлама в большинстве случаев эксплуатации больше чем допустимое стандартом суммарное количество нерастворенного осадка и воды;

Очевидно, что часть топливной смеси попадает в шлам. Причем объяснить это явление разницей в плотностях шлама и очищенного топлива невозможно, так как эта разница не является существенной.

Если учесть, что количество шлама является предметом контроля различными инспектирующими органами и его величина считается приемлемой в диапазоне 1-1,5% от использованного топлива и выше, то необходимо признать, что принятые в отрасли меры по борьбе с производством шлама - явлением, значительно понижающим КПД топливоиспользования не всегда эффективны. Причем борьба ведется, как правило, со следствием, а не причиной производства шлама (наиболее распространенное средство борьбы со шламом – это утилизация его в котлах после обработки гомогенизаторами).

Выводы. Таким образом, возникает принципиальная необходимость создания:

- физической и математической моделей, удовлетворительно объясняющих процессы, протекающие в рамках центробежной сепарации высоковязкого топлива;

- технических и организационных средств для снижения количества производимого шлама;
- принципов (в дальнейшем – автоматических систем) управления параметрами сепарации для достижения оптимальных условий на протяжении процесса сепарации топлива, то есть непрерывного контроля качества процесса сепарации топлива.

Список литературы: 1. Черепанов Б.Б. Судовые вспомогательные и промышленные механизмы, системы и их эксплуатация. – М.: Агропромиздат, 1986. – 343 с. 2. Рабченко О.П., Масленников А.А. Исследование реологичности судового топлива // Судовые энергетические установки: научн.-техн. сб. – 2008. – Вып. 21. – Одесса: ОНМА, 2008. – С. 4-9. 3. Добровольский В.В., Ханмамедов С.А. Реологические характеристики судовых тяжелых топлив // Респ. науч.-техн. конф. „Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування”. – Херсон: ХДІМІ. – 2010. – С. 49-50. 4. Исследование причин отказов топливной системы ССУ при смене топлива // Ханмамедов С.А., Рабченко О.П., Маркелов А.Р., Борисенко В.Л., Петрик Н.М. // Мат. конф. „Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування”. – Херсон: ХДІМІ. – 2011. – С. 43-46

Поступила в редакцию 27.08.2012

УДК 531.8

В.И. СЕРИКОВ, к.т.н., доц., доц. каф. ТММ и САПР НТУ «ХПИ», Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ И ИХ ПРИРОДЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМА

У статті обгрунтований і описаний метод оцифровки даних, що отримали в ході проведення низки експериментів та зафіксовані за допомогою шлейфового осцилографа К-12-22 на фотобумазі. Отримані числові дані дали змогу не тільки оцінити правильність обраної математичної моделі, а й з'ясувати природу періодичних коливань похибки.

Ключові слова: пружні коливання, періодична похибка, динамічні характеристики механізму.

В статье обоснован и описан метод оцифровки данных, полученных в ходе проведения ряда экспериментов и зафиксированных с помощью шлейфового осциллографа К-12-22 на фотобумаге. Полученные числовые данные дали возможность не только оценить правильность выбранной математической модели, но и выяснить природу периодических колебаний погрешности.

Ключевые слова: упругие колебания, периодическая погрешность, динамические характеристики механизма.

In the paper a method is founded and described for sampling data collected during a series of experiments and fixed on photo paper with K-12-22 loop oscillograph. Received numerical data have allowed not only to estimate correctness of chosen mathematical model, but also to clarify the nature of error periodic vibrations.

Keywords: elastic vibrations, periodic error, dynamic characteristics of mechanism.

© В.И. Сериков

Постановка проблемы. В практике проведения научных исследований приходится прибегать к анализу тех или иных процессов, происходящих в исследуемом объекте, с помощью косвенных показателей [1-4]. При этом могут возникать погрешности, обусловленные не только погрешностями измерений во время проведения эксперимента, но и в связи с неточностями в математической модели исследуемого объекта или в связи с упрощениями в такой модели. На записи результатов испытаний прослеживается периодическое изменение записываемых параметров на некотором промежутке хода механизма. Определение природы возмущений позволит судить об адекватности математической модели.

Основной материал. Во время проведения эксперимента [5] измерялись частота вращения вала электродвигателя, напряжение и сила тока, потребляемого электродвигателем. Указанные параметры фиксировались с помощью шлейфового осциллографа К-12-22. При измерении напряжения и силы тока использовались соответственно дополнительное сопротивление и шунт. Частота вращения определялась по сигналу индукционного датчика, установленного на валу электродвигателя. Сигнал датчика подавался непосредственно на осциллограф. Для количественной оценки соответствия расчетных и экспериментальных данных проводилась компьютерная обработка осциллограмм рабочих процессов.

В связи с этим были проверены различные варианты оцифровки осциллограмм (представления графического изображения в виде двумерного массива данных с целью их дальнейшей обработки).

Для получения численных значений фиксируемых величин была проведена тарировка датчиков и получены масштабные коэффициенты для расшивки осциллограмм. Для анализа изменения указанных параметров в течение всего цикла работы необходимо было получить численные значения с достаточно маленьким шагом, величина которого выбиралась из условия возможности сравнения с расчетным процессом, по возможности, без интерполяции между соседними точками.

Оцифровка осциллограмм проводилась с использованием программы Graph Digitizer [ftp://desse.phys.spbu.ru/pub/incoming/GD18M.ZIP], распространяемой свободно („freeware”).

Первым шагом для оцифровки указанным способом является сканирование осциллограммы с целью получения файла графического образа. Сканирование проводилось при помощи планшетного сканера Epson GT-5000 в режиме 256 оттенков серого цвета с разрешением 300 точек на дюйм. Такой режим был выбран исходя из оптимального сочетания времени сканирования, размеров конечного файла и различимости значимой информации.

Программа Graph Digitizer позволяет оцифровывать графические файлы, представленные в градациях серого цвета путем указания цвета линии. Однако, графики всех процессов имеют одинаковую глубину черного цвета. Кроме этого, такую же глубину имеют вертикальные линии, соответствующие временным отсечкам, нулевые линии меняющихся в данный момент времени параметров и пятно засветки фотобумаги. Следовательно, использование полученного изобра-